

Measuring method for angular position of direct current motor.Patent Number: EP0459435, A3, B1, B2

Publication date: 1991-12-04

Inventor(s): GRIESSBACH ROBERT (DE)

Applicant(s): BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG (DE)

Requested Patent: DE4017779

Application Number: EP19910108768 19910529

Priority Number(s): DE19904017779 19900601

IPC Classification: G01D5/244

EC Classification: G01D5/244

Equivalents: ES2078383T

Cited Documents: DE3901893; EP0251785; DE3307623

Abstract

In a measuring method for the angular position of a direct current motor, in which a metering device for determining the measurement signal amplitudes as a function of the motor angular movement is connected to a motor terminal, the measurement signal is investigated with respect to its tendency to change and a metering pulse is output when the tendency to change reverses.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ Offenl gungsschrift
⑯ DE 40 17 779 A 1

⑯ Int. Cl. 5:
G 01 P 3/48

DE 40 17 779 A 1

⑯ Aktenzeichen: P 40 17 779.3
⑯ Anmeldetag: 1. 6. 90
⑯ Offenlegungstag: 5. 12. 91

⑯ Anmelder:
Bayerische Motoren Werke AG, 8000 München, DE

⑯ Erfinder:
Grießbach, Robert, 8011 Höhenkirchen, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 39 02 166 A1
DE 38 24 811 A1
DE 37 32 813 A1
DE 35 43 058 A1
DE 32 32 918 A1
DE 26 06 213 A1
DD 2 54 254 A1

DE-Z: Steuer- und Regelungstechnik, In:
Elektronik 23/1981, S.73-76;
- JP 63-90769 A. In: Patents Abstracts of Japan,
P-754, Sept.7, 1988, Vol.12, No.329;

⑯ Meßverfahren für die Drehlage eines Gleichstrommotors

⑯ Bei einem Meßverfahren für die Drehlage eines Gleichstrommotors, bei dem an einem Motoranschluß eine Zählereinrichtung zur Bestimmung der von der Motordrehbewegung abhängigen Meßsignal-Amplituden angeschlossen ist, wird das Meßsignal hinsichtlich seiner Änderungstendenz untersucht und ein Zählimpuls ausgegeben, wenn sich die Veränderungstendenz umkehrt.

DE 40 17 779 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Meßverfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Bei einem derartigen, aus der DD 2 54 254 A1 bekannten Meßverfahren werden durch einen spannungsgesteuerten Hochpaßfilter und einen nachgeschalteten spannungsgesteuerten Tiefpaßfilter ein schmalbandiger Bandpaß zur Erzeugung einer drehzahlproportionalen Impulsfolge verwendet. Die spannungsgesteuerten Filter werden zur Gewährleistung eines ständig optimalen drehzahlproportionalen Signals durch die Ausgangsspannung eines Integrators auf die jeweilige Motordrehzahl abgeglichen. Die Steuerung des Integrators übernimmt eine logische Schaltung, die die Ausgangssignale der spannungsgesteuerten Filter auswertet. Zum Filterabgleich durch eine Rückkopplung der Filtersteuerung mit dem Integrator ist eine Signalverarbeitung durch Gleichrichtungsschaltungen mit Siebgliedkomparatoren, einem spannungsgesteuerten Bandsperrfilter und durch einen Differenzverstärker notwendig.

Dieses Meßverfahren ist besonders aufwendig und führt häufig trotzdem nicht zu den gewünschten richtigen Ergebnissen. Die Ursache ist in der Art und Qualität des eigentlichen Meßsignals und der diesem überlagerten Störsignale zu sehen. Bedingt durch die unterschiedlichen Drehzahlen des Gleichstrommotors liegt das Meßsignal in einem relativ großem Frequenzbereich von 1 bis beispielsweise 1000 Hz. Die Störsignale sind sowohl nieder- als auch höherfrequenter als das jeweilige Meßsignal. Niederfrequente Störungen kommen beispielsweise durch konstruktive "Fehler" des Gleichstrommotors, z. B. den unterschiedlichen Wicklungsabstand der Rotormagnetspulen, höherfrequente Störungen durch die Schalt- und Steuervorgänge, die zum Betrieb des Gleichstrommotors erforderlich sind sowie durch externe Störquellen zustande. Zu letzteren gehören die für die jeweiligen Anwendungsfälle in der Nachbarschaft des Gleichstrommotors angeordneten elektrischen Elemente, beispielsweise beim Anwendungsfall eines Kraftfahrzeugs die elektromagnetischen Wellen, die vom Zündverteiler und Generator ausgehen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Meßverfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das bei einfacherem Aufbau eine genaue Aussage über die jeweilige Drehlage des Gleichstrommotors erlaubt.

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1.

Durch die Bestimmung der Änderungstendenz des Meßsignals ist es möglich, sowohl nieder- als höherfrequente Störungen auf einfache Weise auszublenden. Hierzu gehören beispielsweise einfache Tiefpaßfilter, die im Gegensatz zum bekannten Meßverfahren nicht spannungsgesteuert zu sein brauchen. Niederfrequente Störungen können ebenfalls mit geringem Aufwand ausgeblendet werden, da ihre Intensität in der Regel wesentlich geringer als die des Meßsignals ist und auch zeitlich erheblichen Schwankungen unterworfen ist. Nur das Meßsignal besitzt einen Verlauf, für den eindeutig eine Änderungstendenz feststellbar ist und entspricht in seinem grundsätzlichen Verlauf dem einer Sinusschwingung. Da somit ein relatives Maximum und ein relatives Minimum des Meßsignals feststellbar ist, kann daraus auch der gewünschte Zählimpuls für die Drehlage des Gleichstrommotors gewonnen werden.

Es ist möglich, diesen Zählimpuls nur bei der Umkehrung der Änderungstendenz in einer Richtung, beispielsweise beim Übergang vom steigenden zum fallen-

den Verlauf festzustellen. Demgegenüber bedeutet es eine Verdoppelung der Auflösung, wenn der Zählimpuls bei jeder Änderung der Veränderungstendenz gewonnen wird. Es wird somit sowohl bei der Umkehr der Änderungstendenz von steigend auf fallend als auch bei der Umkehrung von fallend auf steigend ein Zählimpuls gewonnen. Entsprechend der Anzahl der Rotorwicklungen des Gleichstrommotors ergibt sich somit eine Auflösung, die umgekehrt proportional zu dieser Zahl ist.

Die Bestimmung der Änderungstendenz ist auf vielfältige Weise möglich. Besonders einfach gestaltet sich diese bei der Weiterbildung der Erfindung, wie sie im Patentanspruch 3 angegeben ist. Mit Hilfe der Schwellwertschaltung können Störsignale, die dem Meßsignal überlagert sind, ohne zusätzliche Hilfsmittel und beispielsweise lediglich durch Vorgabe einer geeigneten Schwellenwerte ausgesiegt werden. Es ist lediglich darauf zu achten, daß dieser Schwellwert größer als die maximal auftretende Intensität der i. d. Regel hochfrequenter Störsignale ist. Damit können diese Störsignale keinen Einfluß auf das Ergebnis des Meßverfahrens ausüben.

Die Bestimmung des Zeitpunkts, bei dem die Umkehrung der Veränderungstendenz des Meßsignals erfolgt, kann auf besonders einfache Weise mit Hilfe der Sample and Hold-Schaltung vorgenommen werden, wie sie im Patentanspruch 4 angegeben ist.

Eine vorteilhafte Ausbildung des grundsätzlichen Aufbaus einer für das Meßverfahren geeigneten Schaltvorrichtung kann mit Hilfe der Merkmale vorgenommen werden, wie sie im Patentanspruch 5 angegeben sind. Dabei werden die Feldeffekt-Transistoren zusätzlich dazu verwendet, das Meßsignal zu liefern.

Mit den Merkmalen, die im Patentanspruch 6 zu finden sind, werden Fehler beim Anfahren des Motors durch die in der Regel auftretende Stromspitze beim Einschalten vermieden. Durch die in der Regel lineare Veränderung des Tastverhältnisses des Pulswidtemodulations-Signals kann der Gleichstrommotor hinsichtlich des erfundungsgemäßen Meßverfahrens störungsfrei auf die gewünschte Drehzahl hochgefahren werden.

Entsprechend kann beim Abschalten des Gleichstrommotors die Drehlage fehlerfrei mit Hilfe der Maßnahmen bestimmt werden, die im Patentanspruch 7 angegeben sind.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Dabei zeigt

Fig. 1 den grundsätzlichen Schaltungsaufbau für ein erfundungsgemäßes Meßverfahren zur Bestimmung der Drehlage eines Gleichstrommotors und

Fig. 2 in einem Diagramm den Signalverlauf des Meßsignals sowie verschiedener elektronischer Bauteile aus Fig. 1.

Die aus den Teilen 1a und 1b bestehende Fig. 1 zeigt im Teil 1a den Aufbau einer Schaltanordnung zur Ansteuerung eines Gleichstrommotors 1 und im Teil 1b die wesentlichen Komponenten zur Verarbeitung des Meßsignals für die Bestimmung der Drehlage des Gleichstrommotors 1.

Die Schaltanordnung für die Ansteuerung des Gleichstrommotors 1 besteht im wesentlichen aus vier Feldeffekt-Transistoren 2 bis 5 sowie diesen zugeordneten Treiber 6 bis 9, die in der dargestellten Weise mit den Motoranschlüssen 10 und 11 des Gleichstrommotors 1 verschaltet sind. Dabei sind die Treiber 6 und 8 nicht-invertierend, während die Treiber 7 und 9 invertierend sind.

Der Rechtslauf (symbolisiert mit R) bzw. Linkslauf (L) des Gleichstrommotors 1 wird mit Hilfe von Schaltern

12 bzw. 13 manuell bzw. automatisch eingestellt. Dabei sind zunächst als Ausgangspunkt im ausgeschalteten Zustand die beiden Schalter 12 und 13 geöffnet. An den Treibern 6 bis 9 liegt damit über einen Anschluß 14 Massepotential. Die plusschaltenden Transistoren 6 und 8 sind ausgeschaltet, die masseschaltenden Transistoren 3 und 5 über die Treiber 7 und 9 eingeschaltet. Der Gleichstrommotor 1 ist damit kurzgeschlossen.

Zum Einschalten des Gleichstrommotors 1 für beispielsweise Linkslauf wird der zugehörige Schalter 13 eingeschaltet. Der Transistor 4 wird über den Treiber 8 leitend, während der Transistor 3 weiterhin leitend ist. Am Schaltpunkt 11 wird gleichzeitig das auszuwendende Meßsignal abnehmbar, das dem Spannungsabfall am Drain-Source-Widerstand des Feldeffekt-Transistors 3 entspricht und somit dem Motorstrom proportional ist.

Dieses Meßsignal gelangt über einen Wechselschalter 14 in die Signalverarbeitungsstufe, die in Teil 1b von Fig. 1 dargestellt ist. Dabei ist der Wechselschalter 14 durch ein RS-Flip-Flop 15 gesteuert, das seinerseits mit den Schaltern 12 und 13 in der dargestellten Weise verbunden ist und das an seinem invertierenden Ausgang Q sowohl den Wechselschalter 14 als auch eine nicht im einzelnen dargestellte Motordrehrichtungs-Erkennungsstufe ansteuert.

Zum Ausschalten des Gleichstrommotors 1 wird der Schalter 13 geöffnet. Damit wird der Transistor 5 zusätzlich zum Transistor 3 leitend. Der Motor 1 wird somit über die Motoranschlüsse 11 und 10 kurzgeschlossen. Am Motoranschluß 11 wird weiterhin das Meßsignal abgenommen.

Für den Rechtslauf gilt entsprechendes. Zum Einschalten wird der Schalter 12 geschlossen. Der Transistor 2 wird leitend, während der Transistor 5 weiterhin leitend ist. Am Schaltpunkt 10 wird nunmehr das Meßsignal abnehmbar, das über den Wechselschalter 14 in der eingezeichneten Lage und wiederum das RS-Flip-Flop 15 gesteuert zur Signalverarbeitungsstufe (Fig. 1b) weitergeleitet wird. Auch hier wird zum Beenden der Bewegung des Gleichstrommotors 1 der Schalter 12 geöffnet und der Motor über die Transistoren 3 und 5 kurzgeschlossen. Das Meßsignal wird während dem Auslaufen des Gleichstrommotors 1 weiterhin am Schaltpunkt 10 abgenommen.

Das Meßsignal erfährt in der Signalverarbeitungsstufe (von Fig. 1b) zunächst eine Filterung mit Hilfe eines Tiefpasses 20 zur Beseitigung von höherfrequenten Störungen sowie eine Differentiation mit Hilfe eines Differenziergliedes 21 zur Beseitigung des Gleichstromanteils. Das Meßsignal besitzt dann den in Fig. 2 dargestellten Verlauf, wobei dabei ein Betrieb des Gleichstrommotors mit konstanter Drehzahl angenommen ist. Der Lauf des Meßsignals U_m ist in Fig. 2 mit einer ununterbrochenen Darstellung gezeigt.

Dieses — mit Hilfe der Elemente 20 und 21 aufbereitete — Meßsignal U_m wird einer Sample and Hold-Schaltung, bestehend aus einem Schalter 22, einem Kondensator 23 sowie einem EXOR-Glied 24, unterworfen. Dabei sind zusätzlich Subtrahierer 25, 26, 27 und 28, ein Addierer 29 sowie Schwellwertschalter 30, 31 und 32 sowie ein RS-Flip-Flop 33 vorgesehen, dessen invertierender Ausgang das EXOR-Glied 24 steuert.

Mit Hilfe der Sample and Hold-Schaltung (22 bis 24) sowie des Subtrahierers 28 und des Addierers 29 wird die Veränderungstendenz des Meßsignals bestimmt und bei einer Umkehr der Änderungstendenz ein Zählimpuls (i) ausgelöst.

Das Meßsignal U_m zeigt grundsätzlich den in Fig. 2

wiedergegebenen, gegenüber einem gepunktet eingezeichneten Mittelwert U einen in etwa sinusförmigen Verlauf. Der Mittelwert besitzt dabei eine Frequenz, die gleich einem $1/n$ -tel der Frequenz des Meßsignals U_m ist, wobei n die Anzahl der Statorwicklungen ist. Es ist deutlich zu erkennen, daß die Verwendung üblicher Schwellwertgeber zur Bestimmung der Schwingungsfrequenz und damit der Drehzahl bzw. -lage des Gleichstrommotors 1 nicht zum gewünschten Ziel führt, da beispielsweise das Signalminimum der zweiten Sinusschwingung (Pfeil P1) höher als das Signalmaximum der fünften Schwingung (Pfeil P2) ist.

Zur Bestimmung der Veränderungstendenz wird das Meßsignal U_m mit einem adaptiven Schwellwertgeber 15 hinsichtlich seiner Veränderungstendenz überprüft.

Dieser besteht aus der genannten Sample and Hold-Schaltung (22 — 24), die durch einen aus den Schwellwertschaltern (30 — 32) gebildeten Fensterdiskriminator gesteuert ist. Die Schwellwertschalter stehen mit dem Subtrahierer 28 und dem Addierer 29 in Verbindung. Dabei liefert eine Konstant-Spannungsquelle 34 eine Spannung U_k , die z. B. 10% der Amplitude des Meßsignals U_m und damit größer als die maximal auftretende Störung ist. Die Spannung U_k wird außerhalb der beiden Extremwerte des Meßsignals U_m dem aktuellen Meßsignal U_m hinzugefügt (Addierer 29) bzw. von diesem abgezogen (Subtrahierer 28). Dabei wird ein Fenster der Breite $2 \times U_k$ gebildet, das auf den jeweils aktuellen Meßwert U_m bezogen ist. Außerhalb der beiden Extremwerte bedeutet dabei, daß das Meßsignal U_m ständig ansteigt bzw. monoton fällt.

Es sei zunächst der monotone Anstieg des Meßsignals, beispielsweise der Signalverlauf zwischen dem ersten eingezeichneten relativen Minimum (Pfeil P3) und dem zweiten relativen Maximum (P4) betrachtet. Außerhalb des Umkehrbereichs, d. h. innerhalb des Verlaufs, der durch Pfeile P5 und P6 charakterisiert ist, ist das Flip-Flop 33, wie noch im einzelnen erläutert wird, gesetzt und der Schalter 22 geschlossen. Das aktuelle Meßsignal U_m besitzt eine positive Veränderungstendenz, d. h. es ist stets — wenn auch geringfügig und nur durch das Zeitverhalten des Kondensators 23 bedingt — größer als das strichiert dargestellte Signal U_c , das durch den Kondensator 23 gebildet ist. Damit aber ist das Ausgangssignal der beiden Subtrahierer 25 und 26 bleibend negativ (betragmäßig etwa gleich dem Wert U_k), das des Subtrahierers 27 hingegen gering positiv. Erreicht nun das Meßsignal U_m den Maximalwert (Pfeil P4), so ändert sich das Ausgangssignal des Subtrahierers 27, da sich sein Eingangssignal bleibend nach gering negativ verschiebt. Der nachgeschaltete Schwellwertschalter 32 wirkt auf das EXOR-Glied 24. Dieses öffnet den Schalter 22. Damit wird der Maximalwert des Meßsignals in Form des Signals U_c "eingefroren".

Nach Überschreiten des Maximalwerts (Pfeil P4) bleibt das Eingangssignal des Schwellwertschalters 30 weiterhin negativ, während das des Schwellwertschalters 31 positiv wird, sobald das Meßsignal U_m sich gegenüber dem eingefrorenen Maximalwert nunmehr als den Wert U_k unterscheidet. Der Schwellwertschalter 31 setzt damit das Flip-Flop 33 zurück. Das EXOR-Glied 24 öffnet damit wieder den Schalter 22.

Der sich anschließende Signalverlauf mit fallender Tendenz bis hin zum relativen Minimum (Pfeil P1) bewirkt keinerlei Schaltsignaländerungen, da die Schwellwertschalter 30 bis 32 ein gleichbleibendes Eingangssignal von etwa $-U_k$ (30 und 31) bzw. 0 (32) erhalten. Nach Überfahren des Punktes P1 kehrt sich das Ein-

gangssignal des Schwellwertschalters 32 vorzeichenmäßig um. Damit wird das EXOR-Glied 24 erneut geschaltet und der Minimalwert des Meßsignals U_m durch Öffnen des Schalters 22 eingefroren.

Im weiteren Signalverlauf ändert sich das Eingangssignal des Schwellwertschalters 30, sobald das Meßsignal gegenüber dem Minimalwert um den Wert U_k angestiegen ist. Damit setzt der Schwellwertschalter 30 das Flip-Flop 33. Das EXOR-Glied 24 schließt wiederum den Schalter 22. Das Referenzsignal U_c am Kondensator 23 wird damit wiederum dem Meßsignal U_m nachgeführt.

Daraus ergibt sich das Prinzip der für die Zählimpuls-gewinnung verwendeten Schaltsignalfolge. Das mit Hilfe des Schalters 22 abgetastete Meßsignal U_m wird so lange als Referenzsignal U_c nachgeführt, wie das aktuelle Meßsignal U_m größer als der abgetastete Wert U_k ist und gleichzeitig das Flip-Flop 33 gesetzt ist oder wenn das Meßsignal U_m kleiner als der abgetastete Wert U_k ist und das Flip-Flop 33 nicht gesetzt ist. Das Flip-Flop 33 wird bei Überschreiten des Schwellwerts U_k zu Beginn des Signalverlaufs mit steigender Tendenz gesetzt und bei Unterschreiten des Schwellwerts U_k zu Beginn des Signalverlaufs mit fallender Tendenz zurückgesetzt. Das Ausgangssignal des Flip-Flops 33 liefert an einen Zähler Z die Zählimpulse (i) in Form einer (oder auch beider) Flanke(n) eines Rechtecksignals, aus denen sich die Drehlage des Gleichstrommotors 1 bestimmen lässt. Hierbei ist lediglich die Kenntnis der Rotorwicklungsanzahl erforderlich.

In der Schaltanordnung von Fig. 1 nicht dargestellt sind zwei zusätzliche Maßnahmen, die dazu dienen, die erfindungsgemäße Drehstellungserkennung auch zu Beginn und am Ende der Bewegung des Gleichstrommotors einzusetzen. Diese bestehen beim Anfahren des Gleichstrommotors darin, den Gleichstrommotor mit Hilfe einer Pulsweiten-Modulation hochzufahren, bei der das Tastverhältnis progredient geändert wird. Dadurch werden Fehler durch die Stromspitze beim Einschalten und die in der Regel vorliegende Begrenzung des Differenzierers 21 vermieden.

Um bei abgeschalteten Motor ebenfalls die Bewegung des Gleichstrommotors 1 zu erfassen, wird der Gleichstrommotor über den jeweils zweiten masseschaltenden Feldeffekt-Transistor (5 bei Linkslauf bzw. 3 bei Rechtslauf) kurzgeschlossen. Dies wurde bereits zu Beginn des Ausführungsbeispiels beschrieben. Der Gleichstrommotor arbeitet dann als Generator und wirkt als Bremse. Bei der Auswertung des Signalverlaufs ist berücksichtigt, daß die Änderungen des Meßsignals jetzt um 180° gegenüber dem Motorbetrieb phasenverschoben sind. Da sich gleichzeitig die Stromrichtung beim Bremsen umkehrt, muß im Generatorbetrieb die gleiche Stromflanke wie im Motorbetrieb zur Gewinnung des Drehstellungs-Signals herangezogen werden.

Der Bremszeitpunkt wird dann so gewählt, daß das Minimum des Meßsignals, das durch die Stromflanke beim Bremsbeginn bedingt ist, bei einem Stromminimum zusammenfällt, das durch den Kommutator (nicht dargestellt) des Gleichstrommotors zusammenfällt. Auf diese Weise lassen sich die entstehenden Schaltsignale individuell erkennen. Konkret bedeutet dies, daß zu Beginn einer fallenden Flanke des Meßsignals der Bremsvorgang eingeleitet wird.

Auf diese Weise wird sowohl beim Motorbetrieb als auch beim Ein- und Ausschalten des Gleichstrommotors die dargestellte Schaltanordnung dazu verwendet, aus der Änderungstendenz des Meßsignals die Drehlage des

Gleichstrommotors und damit beispielsweise die Drehzahl zu erkennen. Entsprechend dem jeweiligen Anwendungsfall lassen sich Gleichstrommotore, die in der erfundungsgemäßen Weise geschaltet sind, beispielsweise bei Kraftfahrzeugen im Rahmen einer Memory-Schaltung, d. h. in Positioniereinrichtungen zur gezielten Einstellung eines motorgesteuerten Teiles oder aber zur Steuerung des individuellen Scheibenwischerbetriebs oder der Bewegung eines Fensterhebers verwenden.

Patentansprüche

1. Meßverfahren für die Drehlage eines Gleichstrommotors, bei dem an einem Anschluß des Gleichstrommotors eine Zähleinrichtung zur Bestimmung der von der Motordrehbewegung abhängigen Meßsignal-Amplituden angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßsignal (U_m) hinsichtlich seiner Änderungstendenz untersucht und ein Zählimpuls (i) ausgegeben wird, wenn sich die Veränderungstendenz umkehrt.
2. Meßverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Zählimpuls (i) für jede Umkehrung der Veränderungstendenz ausgegeben wird.
3. Meßverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Veränderungstendenz mittels eines Schwellwertschalters (30–32) bestimmt wird, bei dem das Meßsignal (U_m) mit einem Referenzwert (U_k) verglichen wird, der solange dem Meßsignal nachgeführt wird, bis sich die Veränderungstendenz umkehrt und der anschließend unter Abgabe eines Zählimpulses (i) dem Meßsignal bei umgekehrter Veränderungstendenz nachgeführt wird.
4. Meßverfahren nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch eine Sample and Hold-Schaltung (22–24), die bei Umkehr der Meßsignal-Veränderungstendenz den Zählimpuls auslöst.
5. Meßverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung des Gleichstrommotors (1) mit Hilfe von Feldeffekt-Transistoren (2–5) erfolgt, deren Drain-Source-Widerstand mit den Motoranschlüssen (10–11) des Gleichstrommotors (1) in Reihe geschaltet ist.
6. Meßverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch eine Pulsweiten-Modulation mit zeitlich zunehmenden Impulsen als Anlaufsteuerung des Gleichstrommotors (1).
7. Meßverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschaltung des Gleichstrommotors (1) unter Kurzschließen der Motoranschlüsse (10–11) bei fallender Tendenz des Meßsignals (U_m) vorgenommen wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

— Leersseite —

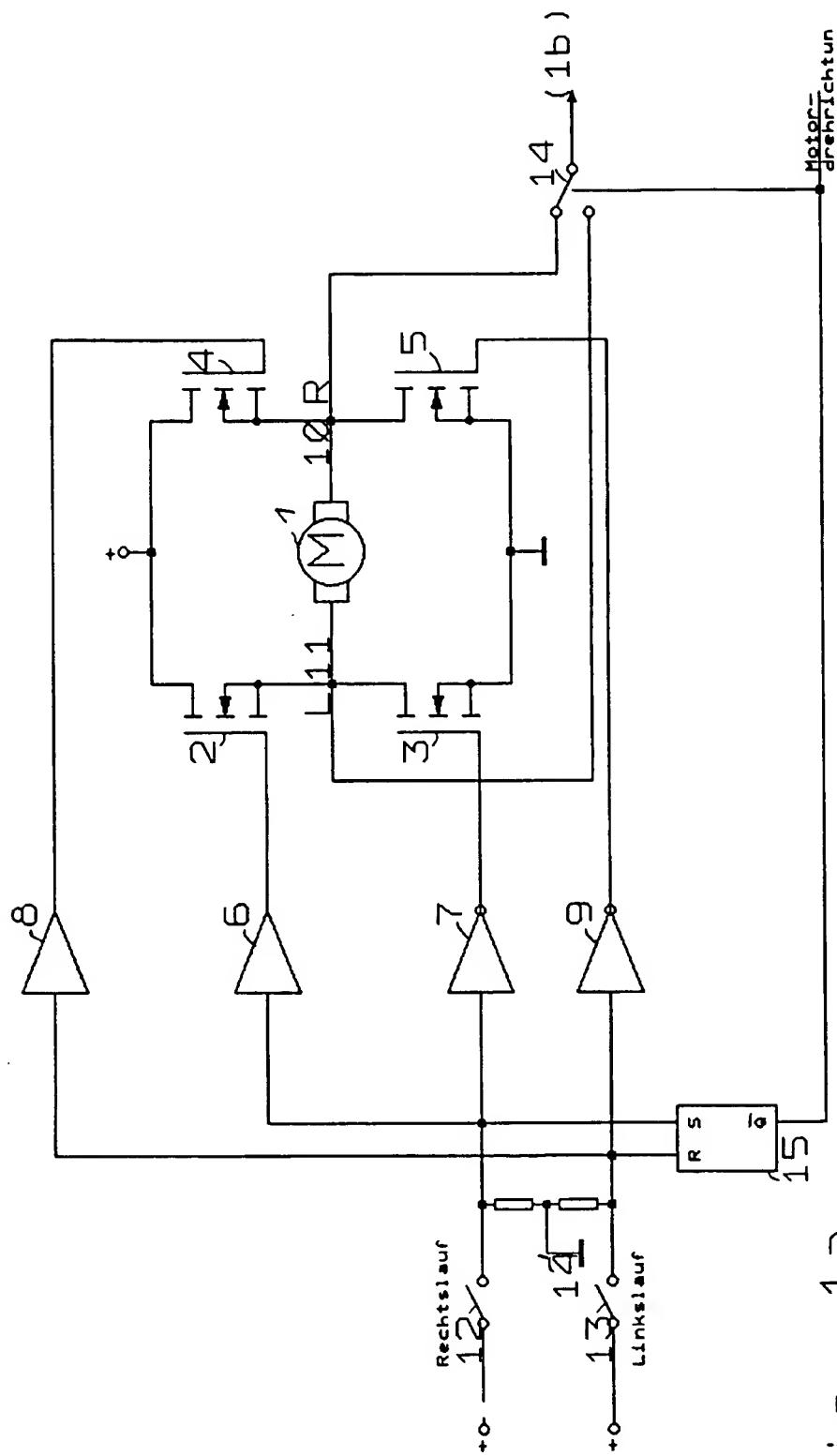


Fig. 1a

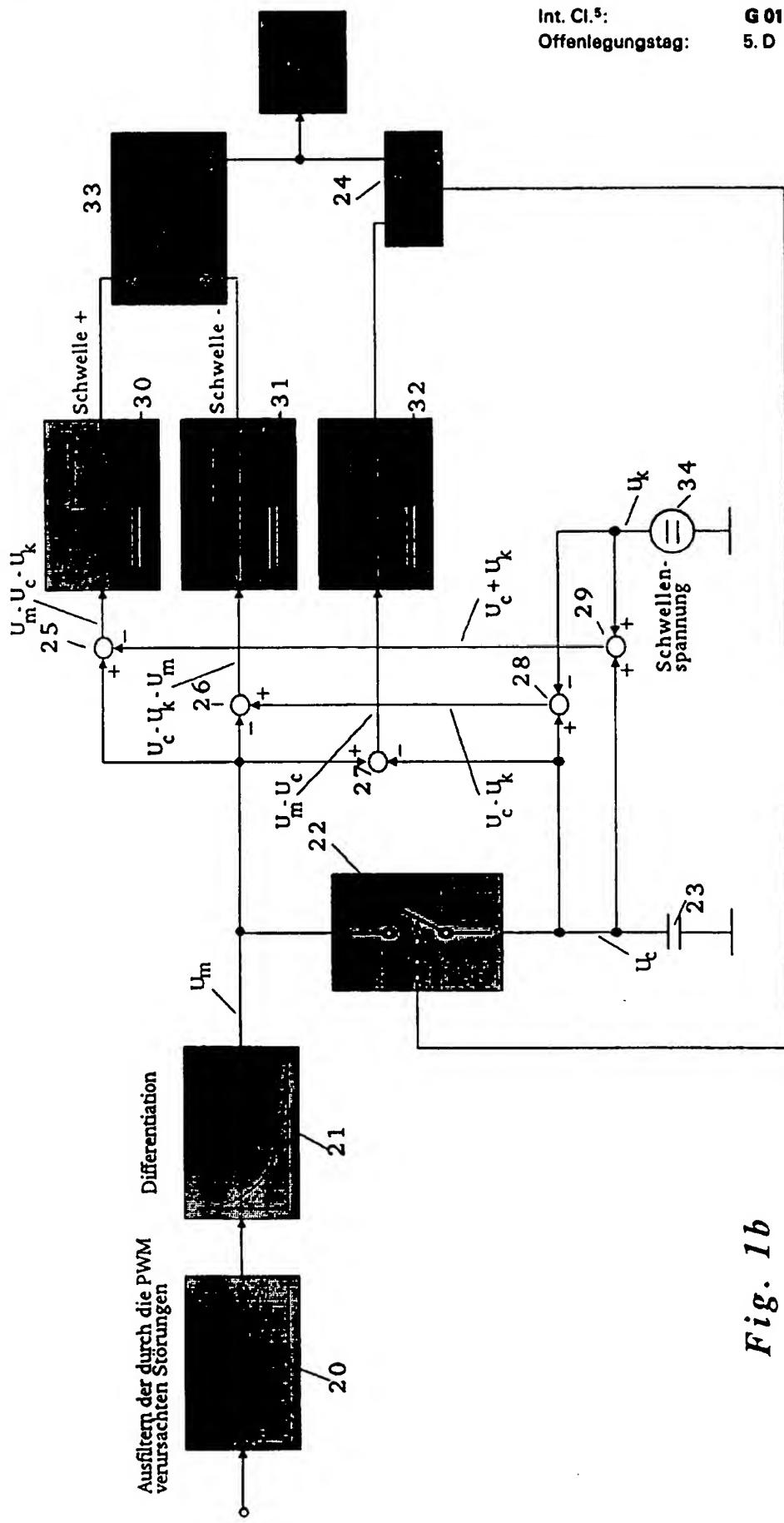


Fig. 1b

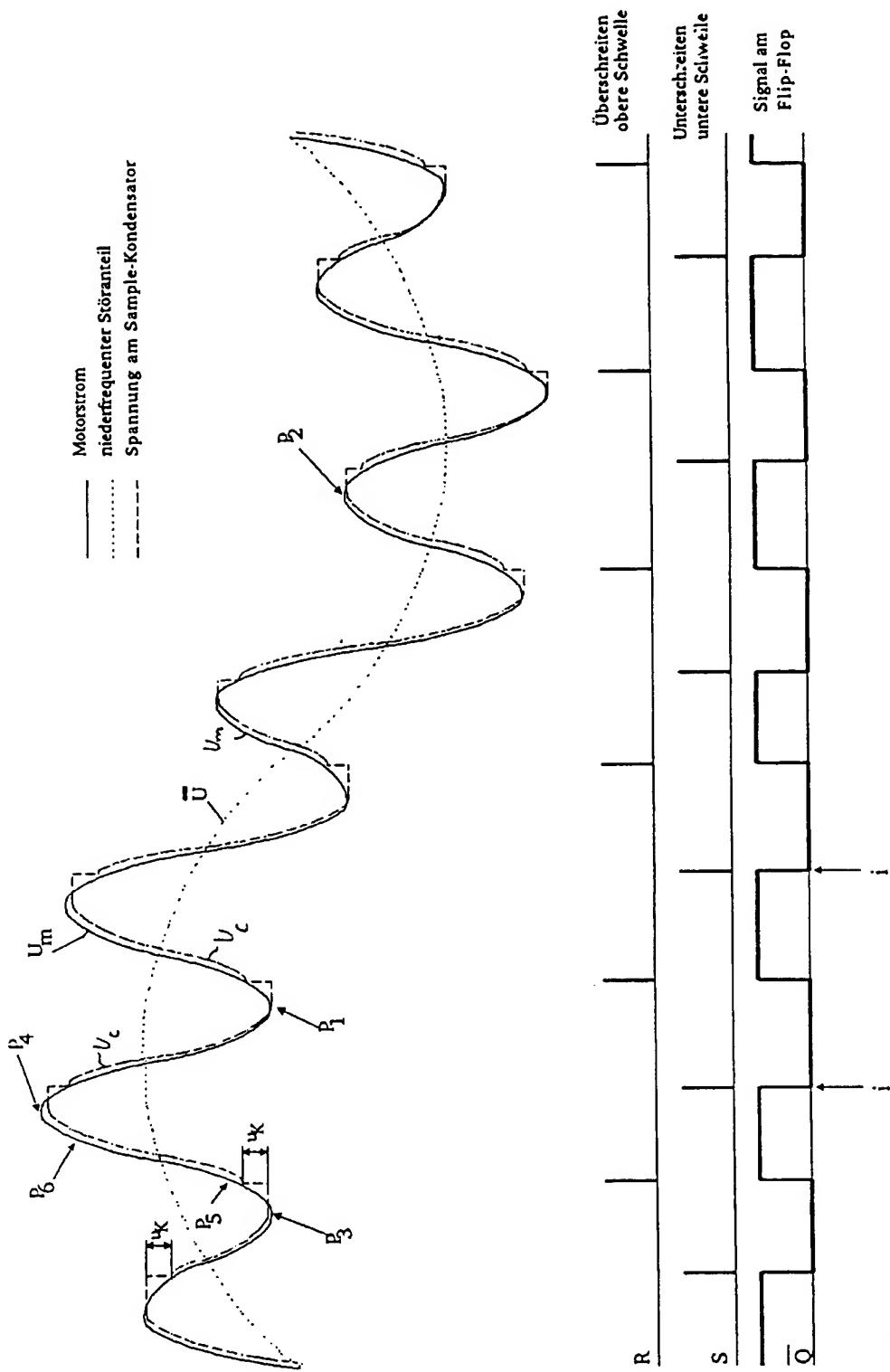


Fig. 2